

抄 録

—製 鉄—

ドーム燃焼熱風炉設備並びに操業面の解析

(A. J. DZERMEJKO et al.: Iron and Steel Eng., 61 (1984) 12, pp. 47~52)

現在の高炉製鉄法において、最良の操業成績を得るためには、安定してかつ最高の羽口先温度 (RAFT) で操業することである。そのためには、より実用的で経済的な高温送風システムの確立が必要である。この技術は、ドーム式燃焼熱風炉 (DCS) と呼ばれ、中国の Shoudo 社によつて開発され、以下のような特徴を持っている。

(1) 従来の型式の熱風炉とは異なり、炉頂部にドームの空間を利用した燃焼室があり、下部に蓄熱室 (チェッカ煉瓦) がある、いわゆる 頂部燃焼熱風炉である。

(2) 従来の熱風炉操業上障害となつていた諸問題、(i) 燃焼室と蓄熱室の温度差による仕切壁のき裂、(ii) 高温燃焼領域での耐火れんがの高負荷による損傷、(iii) パーナーの振動燃焼によるフレームの不安定化などを引き起こさない。

(3) 完全燃焼と均一なガス流分布を与えるように配置された短フレームパーナーを用いて、炉内の各レベルで均一な温度分布が得られる。

(4) 同一炉容の内燃式熱風炉と比較して、チェッカ煉瓦の増設により、蓄熱量が 20~30% 増大できる。

例えば、送風温度 1100°C、送風量 176 800 Nm³/h の内燃式熱風炉を DCS に改修した場合、各パラメータは次のように変化する。送風量 176 800 Nm³/h → 202 000 Nm³/h 熱風炉直径 7.3 m → 6.7 m チェッカ面積 22.4 m² → 26.3 m² チェッカ高さ 32 m → 26 m 燃焼室 4.8 m³ → 不要

以上により、DCS 技術は燃焼室とパーナーを分離することなしに、高い送風温度を安全にかつ経済的に得ることができ、更に熱風炉の寿命の延命も図れる。このような背景により、今後、DCS 技術は新規の熱風炉設備並びに既存の熱風炉設備に導入されていくものと考えられる。(石井邦彦)

高炉溶融スラグの新風滓製造法とその熱回収

(S. J. PICKERING et al.: Ironmaking Steelmaking, 12 (1985) 1, pp. 14~21)

高炉溶融スラグの顕熱を回収し利用することは、一貫製鉄所のエネルギー削減に大きく寄与する。この論文では、高炉溶融スラグから風滓を製造する新しい実験装置を用い、その熱回収量及び風滓の性状等について解析を行った。

この装置は、溶融スラグを熱回収容器の中心部に位置するロータリカップに注ぎ、その遠心力を利用して放射状に飛散させ、さらにアトマイズエアーで粉碎して風滓を製造するもので、顕熱は冷却過程にある風滓から、エアー等を媒体として段階別 (飛散中、流動床中において) に回収される。

また、この装置は 40 t/h の溶融スラグが処理可能であり製造される風滓は、ロータリカップの回転数及びア

トマイズエアーの流速により、粒径が調整される。風滓の平均粒径は 2 mm 以下で、粒度もそろい、急冷されるためガラス化率は 95% 以上となる。これら実測データをもとに風滓の平均粒径及び飛散中の軌跡を推定する式も求められた。

回収された熱エネルギーは、溶融スラグ顕熱の約 60% となり (水滓のように乾燥する必要もなく)、その回収熱を製鉄所内 (たとえば高炉熱風炉) で利用することができ、生産量 7 700 t/d の高炉では、年間約 10 億円のエネルギーの節約が可能となる。

今後、実機大の装置を作成し、実際に製造できる風滓量及び回収熱エネルギーを把握する必要がある。

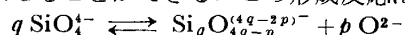
(古屋茂樹)

—製 鋼—

二元シリケート溶体におけるモデルに基づく Flood-Knapp 構造への一般的研究 (PbO-SiO₂ 系への適用と最新情報)

(B. BJÖRKMÄN et al.: Metall. Trans., 15B (1984) 3, pp. 511~516)

溶融した二元シリケート系中の金属酸化物の非理想活量は、液体を理想溶液として扱うことにより、また、いくつかの比較的簡単な錯イオンの形成を考えることにより求めることができる。この形成反応は



で表される。

本論文では、これを PbO-SiO₂ 二元系に適用し、PbO(l) の活量が、鉛-シリケート溶体を、Pb²⁺、O²⁻、SiO₄⁴⁻、Si₂O₇⁶⁻、Si₁₂O₃₇²⁴⁻、Si₄O₁₀¹⁶⁻ という 6 種のイオンを含む理想溶液として扱うことによつて得られることを示している。

そして、ここで考えた陰イオンのモデルは、他のモデルを考えた場合より、いくつかの有利な点があることが述べられている。その一つは、存在する錯イオンをシリコンの四面体を配列して構成するという仮定を含んでいないことである。したがって、特定の組成範囲に限定されないこと。もう一つは、2~3 の錯イオンが理想溶液として挙動すると考えられているために、たとえば、相状態図を計算する場合に非常に扱いやすいということである。

本論文で仮定した錯陰イオンの生成自由エネルギーは計算によつて、それぞれ

$$\Delta G^\circ (\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}) = 38977 - 30.909(T/K)$$

$$\Delta G^\circ (\text{Si}_{12}\text{O}_{37}^{24-}) = 200158 - 121.813(T/K)$$

$$\Delta G^\circ (\text{Si}_4\text{O}_{10}^{16-}) = 104627 - 28.094(T/K)$$

となり、これらを用いて計算した固相の PbO、Pb₄SiO₆、Pb₂SiO₄、PbSiO₃、SiO₂ の生成自由エネルギーは、PbO-SiO₂ 二元系において実験的に求めたものとよく一致し、これらは文献値ともほぼ一致することから、モデルの正当性を確認している。(宮川雅之)

溶融 Fe-Cr-C 合金の脱りん、脱硫

(J. C. WRAMPPELMAYER et al.: Arch. Eisen-hüttenwes., 55 (1984) 11, pp. 515~520)

最近、還元雰囲気下におけるカルシウム化合物系高塩基度スラグを用いたクロム鋼の脱りんが注目されてい

る。

しかし、酸化雰囲気下では酸素ポテンシャルが高く、クロムが優先的に酸化されてしまうために脱りんは不可能である。本研究では溶融合金中の炭素成分を増加させることにより酸素ポテンシャルを下げ、りん、硫黄の酸化を可能にした場合の脱りん、脱硫能について調べた。

まず、溶融合金中のりんの濃度を熱力学的に考察した。そのために、りんとクロムの酸化反応からりん-クロムの平衡反応式を導き、その平衡定数を各成分の活量で表す。相互作用係数とりん、クロムの酸化反応平衡定数に信頼できるデータを代入することにより、溶融 Fe-Cr-C 合金中のりん濃度を Cr と C の濃度、 Cr_2O_3 の活量、および温度の関数として得た。それらをパラメータを変えた $\text{wt}\%[\text{P}]-\text{wt}\%[\text{Cr}]$ の 3 枚のグラフに表示した。そのグラフより炭素濃度大、酸化クロムの活量大、温度低の場合にりん濃度が低下することがわかった。硫黄についても同様の熱力学的計算の結果、ほぼ等しい傾向が得られた。

これらの計算値の妥当性を確認するために、次の実験を行った。1350°C の誘導炉で、マグネシアるつぼ中の Fe-18 wt%Cr-6.0, 3.0, 0.7 wt%C 合金を溶解する。その後、30 wt% Fe_2O_3 -20 wt% CaO-20 wt% CaF_2 -30 wt% BaF_2 フラックスを添加する。るつぼから一定時間ごとにサンプリングした試料の組成を化学分析により決定する。その結果、25 分間でりんは 0.05% から 0.009% に、硫黄は 0.05% から 0.002% に減少した。これらは計算値と非常に良く一致し、炭素量が多いほど脱りん、脱硫能が高いことも確認された。(近藤伸彦)

一 性 質

炭素鋼のオーステナイト、セメンタイト、フェライト及びパーライトの混合組織と高温塑性流動の挙動

(P. J. WRAY: Metall. Trans., 15A (1984) 11, pp. 2041~2058)

鑄造、溶接及び熱間加工のような高温プロセスを適切に制御するために、高温での金属の塑性流動の詳細な知識が必要になる。まず手始めに炭素鋼のオーステナイト、セメンタイト、フェライト及びパーライトの混合組織の高温での塑性流動について挙動を明らかにし加工設備の運転者や設計者に提供しようとした。

供試材は、C 0.005~0.007% の Fe-Si と Fe-Mn-Si 合金及び C が 0.051~1.89% の C-Mn-Si 鋼を用い、一部 P 0.170% 添加を含めおのおの 6 合金、12 鋼を溶製し、熱間圧延した。引張り試験は、3.2 mmφ、標点間距離 36.8 mm の試験片をアルゴン雰囲気中で、真歪み速度 5.5×10^{-6} から $2.3 \times 10^{-2} \text{s}^{-1}$ で変形させた。各供試材は、変形前に変形温度と同一温度 T_D または試験温度より高温 T_A で、多くは 1050°C でおのおの 1 h 焼鈍した。その試験結果は以下のとおりである。

1) 炭素鋼の塑性流動の挙動は、変形温度に強く依存し、特に共晶温度以下のフェライト相よりも、オーステナイト相の方が大きい。また 900~950°C の狭い範囲で両相が共存し、フェライト 1 相よりも流動応力が増加する。

2) 低炭素鋼では、フェライトは、高温のオーステナ

イトより流動応力が小さいが、Mn, Si 及び P を 1.40%, 0.95%, 0.17% おのおの添加例で容易に強化可能であることを示した。

3) 共晶組成の鋼では、完全なパーライト組織は、完全なオーステナイト組織よりも強い。本組織も P の添加により強化された。

4) 過共晶組成の高炭素鋼では、共晶温度以下で塑性流動の挙動に、炭素量は大きな影響を示さない。しかし共晶温度を越えると歪み速度 $2 \times 10^{-2} \text{s}^{-1}$ でオーステナイトとセメンタイトの混合組織を強化する。

(望月俊男)

鋼焼鈍のモリタリングのための電気抵抗差法

(R. A. L. DREW et al.: Met. Technol., 11 (1984) 12, pp. 550~554)

鋼の焼鈍過程における組織変化や性質変化を非破壊的にモリタリングする手段としての電気抵抗差測定法について、普通炭素鋼及び高張力鋼を対象として検討した。80% 冷間加工をほどこした試料と、それと同一材料、同一形状で充分再結晶させた標準試料を炉内で直列につなぎ、Ar 中で一定昇温速度で 700°C まで加熱昇鈍し、135 Hz の交流によりそれぞれの試料の電気抵抗に対応する電圧の変化を連続的に記録した。この結果より、2つの試料間の電気抵抗差に対応する電圧の差を温度の関数として求め、解析した。また、ビッカース硬さ測定及び組織観察も併せて行い、以下のような結果を得た。

1) 電気抵抗差のモニターにより、冷間加工材の一定昇温速度の焼鈍過程を、回復、再結晶及び結晶粒成長の 3つの領域に区別することができ、特に再結晶の領域では、電気抵抗差-温度曲線の導関数を用いることにより再結晶開始点及び終了点を明確にすることができる。なお、この焼鈍サイクルにより、冷間加工した普通炭素鋼は 4.5%、高張力鋼は 4.3%、それぞれ電気抵抗を減少させる。

2) 2種の供試材とも再結晶終了後の結晶粒の成長はきわめて遅いため、結晶粒の成長により生ずる電気抵抗差の変化を検出することは可能であるが、結晶粒成長過程の定量的な把握は困難である。

3) 焼鈍過程における試料の硬さの変化は電気抵抗差の変化と良い対応を示す。(岸本 哲)

酸化コバルトの非化学量論性と拡散現象について

(U. HÖLSCHER et al.: Z. Physikalische Chemie, 139 (1984), pp. 69~81)

酸化コバルト $\text{Co}_{1-\delta}\text{O}$ の化学量論的組成からのずれ δ と相互拡散係数 \tilde{D} を、電気化学滴定法により酸素分圧の関数として決定した。測定温度は、 δ に関しては 1000°C および 1100°C、 \tilde{D} に関しては 950°C および 1000°C である。結果に関して、現在提唱されている点欠陥モデルとの照合を行ったが、これらのモデルのどれも、この結果を説明することができなかつた。

化学量論的組成からのずれ δ に関しては、他の文献よりもはるかに低い酸素分圧まで測定している。その結果低酸素分圧側では、 $\log \delta$ は $\log a_{\text{O}_2}$ に比例し、その傾きは 1/6 であることがわかつた。これは、この状況のもとで優勢な点欠陥は、正孔および 2 価のコバルト空孔イ

オンであることを示している。しかしながら、高酸素分圧側では、 $\log \delta - \log a_{O_2}$ プロットの傾きは、酸素分圧の増加にともない多少増加している。このことについて、他の文献ではいくつかの点欠陥モデルを考えて説明しているがそれらのモデルのいくつかは矛盾していることを示している。また、以前に測定した正孔の導電率の結果と今回の δ の測定結果を比較すると、それらの酸素分圧依存性に関して多少の食違いが生ずる。このことを調べるために、相互拡散係数の測定を行った。その結果、相

互拡散係数は酸素分圧の増加とともに増加していることがわかった。この結果を考慮すると、どの点欠陥モデルも、正孔の導電率と δ の結果の食違いを、明確に説明できなかつた。

結論として、点欠陥に関する熱力学的測定は、点欠陥の型や種類についての間接的な情報しか与えないので、より詳しい議論を行うためには、点欠陥の相互作用に関する理論的な解析が必要であるとしている。

(西野 真)

新刊紹介

クリープ・疲労相互作用下における SUS 304 ステンレス鋼の高温低サイ クル疲労寿命におよぼす切欠き効果 に関する共同研究

**Notch Effect on Low Cycle Fatigue in
Creep-Fatigue at High Temperatures :
Experiment and FEM analysis**

本会高温強度研究委員会「切欠き効果試験分科会」ではかねてより標記報告書の編集をすすめてまいりましたが、この度発刊の運びとなりましたのでお知らせ致します。

今日、長年月稼働中の高温機器の余寿命などの寿命評価を精度よく予測する研究が必要になつてきております。そのために、まず幾何学的不連続部として切欠き材の高温における寿命評価手法、とりわけクリープ域における高温低サイクル疲労寿命評価法を明らかにすることを目的として、高温強度研究委員会（田村今男委員長）

のもとに、「切欠き効果試験分科会」（大南正瑛主査）を1981年5月に発足させ、約2カ年にわたつて共同研究を行つてまいりました。この度、一応の結論を得るに至りましたのでそれらを取りまとめ報告することとしました。高温機器材料の製造に関係しておられる多くの方々に、これらの成果が広く利用されますようご案内申し上げます。

内 容 第1章 はじめに
第2章 クリープ・疲労相互作用下における切欠き効果の実験的検討
第3章 クリープ・疲労相互作用下における切欠き効果の解析的検討
第4章 実験・解析結果の考察
第5章 結 論

補 遺 文献調査結果

価 格 会 員 4,500 円(送料別)
非会員 5,500 円(送料別)

申込方法 現金書留、銀行振込、郵便振替(東京 7-193)でお申し込み下さい。

問合せ先 〒100 東京都千代田区大手町 1-9-4
日本鉄鋼協会庶務課 Tel. 03-279-6021